

БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 630*232.322.4:634.739.1

Д. В. Гордей, аспирант (БГТУ);

О. В. Морозов, доктор биологических наук, доцент, декан (БГТУ);

Н. В. Терешкина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (БГТУ);

О. В. Гудинская, младший научный сотрудник (БГТУ)

СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ В ПЛОДАХ ГОЛУБИКИ УЗКОЛИСТНОЙ (*VACCINIUM ANGUSTIFOLIUM* AIT.) УРОЖАЯ ВТОРОГО ГОДА ПРОМЫШЛЕННОГО ПЛОДОНОШЕНИЯ

На второй год промышленного плодоношения содержание нитратов в ягодах голубики узколистной составило 13,5 мг/кг. По сравнению с 2011 г. (первый промышленный урожай) их количество уменьшилось в 4,3 раза. При условии одинакового количества вносимого минерального удобрения различное содержание ксенобиотика в ягодах урожая двух лет наблюдений может быть обусловлено изменением регламента проведения подкормки, проявлением эффекта «разбавления» нитратов в активно формирующейся с возрастом биомассе культивируемых растений и особенностями погодных условий. В вегетационном сезоне 2012 г. содержание нитратов не зависело от времени сбора, средней массы ягоды и генотипа растений. Хранение ягод урожая 2011 г. в течение 12 месяцев в морозильной камере при температуре минус $(16 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ привело к уменьшению концентрации нитратов в 2,8 раза от их исходного количества.

In the second year of commercial fruiting the nitrate content in berries of low bush blueberry was 13.5 mg/kg. As compared to 2011 (the first commercial harvest) it number decreased in 4.3 times. On condition the same amount of applied mineral fertilizers different content of nitrate in berries of two harvest years can be explain by change in regulations of feeding, manifestation of effect of "dilution" of nitrates in biomass of cultivated plants actively being formed with age and features of weather conditions. In 2012 crop year, the content of nitrate did not depend on the time of harvest, the average weight of fruit and plant genotypes. Storage of berries of a crop of 2011 within 12 months in a freezer at a temperature of minus $(16 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ resulted in a decrease in nitrate concentrations in 2.8 times of their initial quantity.

Введение. Результаты интродукции нового для Беларуси ягодного кустарника – голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) – свидетельствуют о перспективности его промышленного культивирования на выработанных верховых торфяных месторождениях севера Беларуси [1]. В связи с тем что неперемнным условием эффективного возделывания вида является применение комплексного минерального удобрения [2], весьма актуальное значение приобретает контроль содержания нитратов в получаемой ягодной продукции.

Исследования, проведенные в 2011 г. (первый промышленный урожай, зафиксированный в трехлетнем культурценозе), показали, что содержание нитратов в ягодах при выращивании растений в условиях ежегодного внесения азотсодержащего минерального удобрения составляет 58,2 мг/кг [3]. Предельно допустимая концентрация (ПДК) нитратов, установленная для ягод в количестве 60 мг/кг [4], превышена не была, однако их количество находилось весьма близко к границе ПДК.

Целью исследований в вегетационном сезоне 2012 г. являлось установление зависимости

накопления нитратов в плодах голубики узколистной от условий агрофона, в которых произрастают растения, их наследственности, времени заготовки и средней массы ягод. Также определялся уровень содержания ксенобиотика в хранившейся в течение года ягодной продукции урожая 2011 г.

Объект и методика исследования. Объект исследования – растения четырех форм голубики узколистной под условными обозначениями 13, 16, 23, 24, возделываемые на плантации, расположенной на выработанном верховом торфяном месторождении «Долбенишки» (Шарковщинский район Витебской области).

Основное агротехническое мероприятие – внесение полного минерального удобрения («Растворин марки А») в радиусе 25 см от центра кустов с заделкой его в почву мотыгой весной (15.04.09, 06.05.10, 20.04.11, 22.03.12) и летом (20.07.10, 29.06.11) в общем количестве 5 г по препарату в первый год и 10 г во второй, третий и четвертый. Состав удобрения – макроэлементы: N (в равном количестве аммонийный и нитратный) – 10%, P_2O_5 – 5%, K_2O – 20%,

MgO – 5%; микроэлементы: Zn – 0,01%, Cu – 0,01%, Mn – 0,1%, Mo – 0,001%, B – 0,01%. После сбора урожая проводилось рыхление верхнего слоя торфа в междурядьях (15.08.11, 13.08.12). Искусственный полив растений на плантации не проводился.

В опыте № 1, проведенном с использованием растений формы 16, определяли содержание нитратов в ягодах при внесении минерального удобрения в течение всех четырех лет возделывания (вариант I) и только в первые два года после закладки плантации (вариант II).

В опыте № 2 определяли закономерности накопления нитратов в ягодах голубики узколистной в зависимости от сроков сбора урожая, средней массы ягоды и наследственности растений. Для этого кусты форм 13, 23 и 24, были разделены на два варианта (табл. 1). Вариант I – ягоды, собранные в первый прием заготовки урожая (16.07.12). Вариант II – во второй прием (06.08.12). Разница между приемами составила двадцать один календарный день.

Таблица 1

Содержание нитратов в плодах голубики узколистной в зависимости от сроков сбора, средней массы ягоды и наследственности растений

Форма	Варианты опыта № 2	Урожайность по приемам заготовки, г	Общая урожайность, г	Средняя масса ягоды, г	Содержание нитратов, мг/кг
13	I	278	457 ^a	0,51 ^a	13,29 ^a
	II	179		0,48 ^a	13,01 ^a
23	I	45	242 ^a	0,23 ^a	13,79 ^a
	II	197		0,22 ^a	13,52 ^a
24	I	198	576 ^a	0,83	15,10
	II	378		0,74	12,25 ^a

Примечание. Данные, обозначенные одинаковыми буквенными индексами, статистически не достоверны.

В опыте № 3 измеряли содержание нитратов в ягодах урожая 2011 г., которые находились в полиэтиленовом пакете в морозильной камере бытового холодильника в течение 12 месяцев при температуре минус $(16 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Отбор ягод проводили согласно техническим нормативным правовым актам [5]. Каждый вариант опытов № 1, 2 и 3 представлял собой смешанный образец из ягод, собранных с 8–10 растений.

Урожайность по приемам заготовки устанавливали путем сбора и взвешивания ягод с каждого куста. Общую урожайность одного куста определяли путем суммирования массы ягод, собранных за каждый прием. Среднюю массу одной ягоды определяли как среднюю

арифметическую величину из массы 100 шт. плодов, отобранных методом случайной выборки из совокупности кустов, представляющих определенный вариант опыта.

Содержание нитратов определяли с использованием ионометрического метода (ГОСТ 29270), основанного на извлечении их из анализируемого материала раствором алюмокалиевых квасцов с последующим измерением концентрации в полученной вытяжке с помощью ионселективного нитратного электрода [6]. Измерение проводили на ионометре И-160М. Для расчета массовой доли нитратов в ягодах X , мг/кг, применяли следующую формулу [7]:

$$X = \frac{\left(V + \frac{W \cdot H}{100} \right) \cdot 10^{-pC_{\text{NO}_3}} \cdot 62 \cdot 10^6}{1000 \cdot H},$$

где V – объем экстрагирующего раствора, см^3 ; W – массовая доля воды в пробе, %; H – масса пробы, взятой для анализа, г; 100 – коэффициент перевода процентов в доли единицы; $10^{-pC_{\text{NO}_3}}$ – концентрация нитрата в вытяжке, моль/дм^3 ; 62 – молярная масса иона нитрата, г; 10^6 – коэффициент перевода долей единицы в миллионные доли, млн^{-1} ; 1000 – коэффициент перевода 1 дм^3 в 1 см^3 .

За окончательный результат принимали среднее арифметическое трех параллельных измерений.

Статистическая обработка данных проводилась в электронных таблицах Excel с учетом методических указаний П. Ф. Рокицкого и Б. А. Доспехова [8, 9].

Основная часть. В варианте I опыта № 1 количество нитратов составило 13,79 мг/кг, в варианте II – 16,79 мг/кг. Таким образом, содержание нитратов в плодах, собранных с кустов, получавших минеральное удобрение в течение всех 4 лет, оказалось даже несколько ниже по сравнению с растениями без их применения в течение двух последних лет. Абсолютно противоположная картина наблюдается при характеристике ягодной продуктивности двух вариантов. В варианте I средняя масса ягод, собранных с одного куста, составила 256 г, в варианте II только 63 г. С учетом принятой схемы посадки 6667 шт. кустов на один гектар урожай второго года промышленного плодоношения растений формы 16, возделываемых с применением минерального удобрения, составляет 1706 кг, что на порядок выше, нежели урожай растений без их использования – 420 кг. Все это с определенной долей уверенности подчеркивает необходимость использования удобрений для получения стабильных урожаев голубики узколистной.

Как известно, помимо агротехники возделывания растений на степень накопления нитратов, при прочих равных условиях, влияют сорт и геометрические размеры плода [10, 11]. Отсутствие достоверной разницы между вариантами опыта № 2, отличающихся временем сбора, средней массой ягоды и наследственностью растений, дает основание с определенной долей уверенности утверждать об отсутствии стабильной зависимости накопления нитратов от данных факторов (табл. 1).

Обобщив результаты двух ранее рассмотренных опытов, можно заключить, что среднее значение количества нитратов, содержащихся в семи образцах свежесобранных плодов голубики узколистной урожая 2012 г., составляет 13,5 мг/кг. Таким образом, содержание ксенобиотика по сравнению с предыдущим годом уменьшилось в 4,3 раза.

Принимая во внимание то обстоятельство, что общее количество вносимого минерального удобрения в годы наблюдений было одинаковым, столь существенную разницу количества нитратов – 44,7 мг/кг – в ягодах урожая двух лет наблюдений можно объяснить изменениями регламента проведения подкормки в 2012 г., проявлением эффекта «разбавления» нитратов активно формирующейся с возрастом биомассой культивируемых растений и особенностями погодных условий.

Проведение подкормки в один прием сразу после схода снежного покрова весной, как это было сделано в 2012 г., соответствует биологии растений – ведь именно в этот период они способны поглотить, а главное, использовать до начала плодоношения все азотсодержащие минеральные удобрения. В 2011 г. при внесении удобрений в равных количествах: весной – первый прием, и за три недели до сбора ягод – второй прием, азот не мог быть полностью использован снизившими темп роста растениями и, скорее всего, был депонирован в ягодах в форме нитратов. Таким образом, изменение регламента проведения подкормки можно рассмат-

ривать в качестве одной из основных причин снижения количества нитратов в ягодах голубики узколистной урожая 2012 г. Подтверждают высказанное допущение и результаты опыта № 1 – отсутствие разницы в количестве нитратов варианта I с весенним внесением удобрения и контролем (вариант II) без его использования.

Важной экономической составляющей внесения минерального удобрения в один прием является существенное снижение затрат на содержание плантаций голубики узколистной в многолетнем периоде возделывания ягодного кустарника.

Под проявлением эффекта «разбавления» нитратов мы понимаем поглощение их неизменного количества – 10 г – существенно отличающимися по биомассе растениями в 2011 и 2012 гг. Так, на второй год промышленного плодоношения у всех форм голубики узколистной объем надземной вегетативной сферы кустов по сравнению с первым годом увеличился в 1,3–2,4 раза. У 84,6% из них наблюдалось к тому же повышение в 1,1–5,6 раза средней урожайности кустов.

Еще одним фактором, обусловившим столь значительную разницу накопления в ягодах нитратов, могут быть различия в погодных условиях в период формирования и созревания урожая двух лет наблюдений (табл. 2). Вегетационный период 2011 г. характеризовался повышенной температурой и недобором осадков, что дополнительно способствовало накоплению нитратов в плодах. Особенностью 2012 г. была выраженность температурной амплитуды и увеличенное количество осадков. В последнем случае, вероятно, также имеет место эффект разбавления нитратов, но уже в почвенном растворе.

Сведения о влиянии сроков и способов хранения продукции на уровень содержания нитратов противоречивы [12, 13]. В нашем случае содержание нитратов в ягодах урожая 2011 г. после хранения в течение 12 месяцев в морозильной камере уменьшилось в 2,8 раза.

Таблица 2

Среднесуточная температура воздуха и количество осадков по декадам за период с мая по август в 2011 и 2012 гг.

Год	Май			Июнь			Июль			Август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Среднесуточная температура воздуха, °С												
2011	9,9	13,4	15,4	21,1	16,8	17,1	19,3	21,2	21,1	17,7	17,2	17,4
2012	13,0	13,1	15,5	13,1	16,8	15,7	21,5	16,1	20,8	18,4	16,2	15,0
Разница	3,1	–0,3	0,1	–8,0	0,0	–1,4	2,2	–5,1	–0,3	0,7	–1,0	–2,4
Количество осадков, мм												
2011	4	26,2	13	8,1	31	4,2	13,3	19,7	15,5	11	72,6	6,1
2012	2,6	27,9	2,5	34,5	42,8	54,7	52,6	39,5	0,3	20,6	12,8	36,4
Разница	–1,4	1,7	–10,5	26,4	11,8	50,5	39,3	19,8	–15,2	9,6	–59,8	30,3

Заключение. Содержание нитратов в ягодах голубики узколистной урожая 2012 г. составило 13,5 мг/кг. Таким образом, на второй год промышленного плодоношения количество ксенобиотика по сравнению с 2011 г. уменьшилось в 4,3 раза. Принимая во внимание то обстоятельство, что общее количество вносимого минерального удобрения в последние два года было одинаковым, произошедшее изменение может быть обусловлено различным регламентом проведения подкормки – осуществлением ее в один (2012 г.) или два (2011 г.) приема, проявлением эффекта «разбавления» содержания нитратов активно формирующейся биомассой растений и особенностями погодных условий. В ходе выполнения исследования не установлено достоверной разницы в накоплении нитратов ягодами, отличающимися сроками сбора, средней массой, а также наследственностью растений и условиями агрофона, в которых они произрастали. Хранение ягод урожая 2011 г. в полиэтиленовом пакете в морозильной камере бытового холодильника при температуре минус $(16 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 12 месяцев привело к уменьшению количества нитратов в 2,8 раза.

Учитывая важную роль, которую играют минеральные удобрения в получении стабильных урожаев голубики узколистной, дальнейшие исследования следует сосредоточить на разработке регламентов проведения подкормки, учитывающих возрастную потребность растений в элементах минерального питания. При этом несомненным условием остается удовлетворение получаемой ягодной продукции требованиям санитарных норм, правил и гигиенических нормативов по содержанию нитратов в ягодах [4].

Литература

1. Шалимо, П. В. Экономическая эффективность плантационного выращивания голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) в молодых посадках на выработанном верховом торфяном месторождении в подзоне дубово-темнохвойных лесов / П. В. Шалимо, О. В. Морозов, Д. В. Гордей // Лес. и охот. х-во. – 2012. – № 2. – С. 15–21.
2. Влияние комплексного минерального удобрения на рост и развитие вегетативных органов голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) в молодых посадках при возделывании на выработанных верховых торфяниках в Белорусском Поозерье / Д. В. Гордей [и др.] // Труды БГТУ. – 2011. – № 1: Лесное хоз-во. – С. 79–82.
3. Гордей, Д. В. Содержание нитратов в плодах и продуктивность голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) при возделывании на выработанном верховом торфянике с применением минерального удобрения / Д. В. Гордей, О. В. Гудинская, О. В. Морозов // Перспективы инновационного развития лесного хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Кострома, 25–26 авг. 2011 г. – Кострома: Костром. гос. технол. ун-т, 2011. – С. 27–30.
4. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: СанПиН № 63: утв. постановлением Мин. здрав. Респ. Беларусь от 9 июня 2009 г. № 63 с изм. и доп. от 9 сент. 2009 г. № 99, от 9 дек. 2009 г. № 134, от 18 янв. 2010 г. № 9. – Минск: РЦГЭ и ОЗ, 2009. – 256 с.
5. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методы отбора проб для определения показателей безопасности: СТБ 1036–97. – Введ. 01.07.97. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1997. – 58 с.
6. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения нитратов: ГОСТ 29270–97. – Введ. 01.07.97. – Минск: Межгос. совет по стандарт., метрол. и сертиф.; Белорус. гос. ин-т стандарт. и сертиф., 1997. – 24 с.
7. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – М.: Брандес, Медицина, 1998. – 342 с.
8. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Вышэйшая школа, 1973. – 319 с.
9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Экологическая экспертиза некоторых видов плодовоовощного сырья / Е. В. Йорга [и др.] // Изв. ВУЗов. Пищев. технол. – 1995. – № 2. – С. 16–19.
11. Vulstake, C. Factors affecting nitrate content in field-grown vegetables / C. Vulstake, R. Biston // Qualitas plantarum. – 1978. – Vol. 28, No. 1. – P. 71–87.
12. Радиация, нитраты и человек / М. И. Федюкович [и др.]; под общ. ред. М. И. Федюковича. – Минск: Ураджай, 1998. – 112 с.
13. Vilnerova, D. Sledovani obsahu dusicnanu ve vybranych zemedelskych produktech / D. Vilnerova // Cs. Hyg. – 1982. – Vol. 27, No. 10. – P. 543–546.

Поступила 27.02.2013